МЕТАФИЗИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАДИГМ

DOI: 10.22363/2224-7580-2024-2-82-91
EDN: XNRBXZ

ПРИНЦИП МАХА И КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА В РЕЛЯЦИОННОМ ПОДХОДЕ

В.В. Аристов

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН Российская Федерация, 119333, Москва, Вавилова, д. 44, корп. 2

Аннотация. Прошедшее столетие после создания квантовой механики заставляет на ином уровне обратиться к основам физической теории. В реляционном подходе строится статистическое пространство-время, что соотносится с вероятностными положениями квантовой механики. Важным оказывается и принцип Маха в его обобщенной формулировке. В настоящей работе показано, как в результате перехода к формализму графов для выражения пространственных измерений в соединении со статистическим измерением времени выводятся квантовые соотношения. В сочетании с описанием гравитационных эффектов может быть создан общий физический аппарат. Глобальность принципа Маха позволяет связать микро- и макромасштабы описания.

Ключевые слова: реляционное статистическое пространство-время, принцип Маха, квантовая механика, единое физическое описание

Введение

Сто лет назад в 1923 г. появились первые работы Луи де Бройля о волновых свойствах частиц, – тем самым была заложена основа квантовой механики [1]. Причем эта теория с необходимостью требует использования классического физического аппарата, – вот слова из [2]: «…она содержит классическую механику как свой предельный случай и в то же время нуждается в этом предельном случае для своего обоснования». Традиционная квантовая механика связана с заданным обычным пространством-временем. Но сам де Бройль высказывал сомнения в адекватности таких представлений. Он еще в те годы, по сути, говорил о возможности развития этих фундаментальных понятий. Помня его слова, можно строить пространство-время, пригодное для описания квантовых эффектов.

Допустима также простая аналогия с ситуацией конца XIX в.: классическое пространство-время в современной теории соотносимо с понятием ненаблюдаемого эфира в тогдашней физике, такие суждения высказывали некоторые авторы, см., например, [3]. Строить теорию желательно для измеримых величин, это касается и пространства-времени.

На некоторые вопросы, возникающие в квантовой механике, пытается ответить наш подход реляционного статистического пространства-времени. Проблема построения пространства-времени рассматривалась различными авторами, в частности, предлагалось изучать макроскопическое пространство и время: ван Данциг, Рашевский, Циммерман и др. Но конкретных математических предложений не было предъявлено. В нашей концепции строится реляционное статистическое макроскопическое пространство-время. Ранее нами было получено начальное соответствие с результатами нерелятивистской квантовой механики, теперь желательно уточнять, развивать и обобщать данный подход. На таком пути, как представляется, можно разрешить проблему создания общего аппарата для релятивистской (ОТО) и квантовых теорий.

В отличие от теории струн и петлевой квантовой гравитации в реляционной концепции дискретность пространства-времени задается не на планковском масштабе, но на атомарном, ибо, начиная с таких расстояний, проявляется индетерминизм движения. Можно напомнить, что в давнем уже обзоре [4] говорилось о трудностях квантования гравитации (там, кстати, указывалось, что из разных соображений планковский масштаб оказывается пределом непрерывного измерения пространства), проблема до сих пор не разрешена, хотя предлагаются разные подходы. Заметим также, что согласно представлениям некоторых исследователей, в частности, Ю.С. Владимирова и его последователей [5], для описания свойств элементарных частиц пространство-время может оказаться не обязательной частью.

В нашей концепции основную роль играют статистические модели реляционных фундаментальных приборов: часов и линеек. Так что в указанном выше смысле пространство и время становятся измеримыми величинами. Причем для построения мировых часов и масштабных линеек используется предельное осреднение по всем дискретным элементам мира. В определенном смысле это сопоставимо с утверждением Ли Смолина в [6] о непреодоленных трудностях при расширении квантовой теории на космологию, фактически ставится проблема введения космологичности для правильной интерпретации квантовой механики. Правда, имеется в виду вариант теории скрытых параметров. В [7] он писал: «…скрытые параметры связаны не с уточненным описанием отдельных элементов квантовой системы, а с взаимодействием системы с остальной Вселенной. Мы можем назвать их *скрытыми реляционными параметрами.* …Задача прояснения смысла квантовой теории в поисках новой космологической теории является ключевой». Можно сказать, что теперь в результате присутствия измеримых глобальных пространственно-временных величин связь с квантовой механикой реализуется через *открытые реляционные параметры*.

Следует напомнить, что помимо Ли Смолина ряд физиков и философов предполагали явно или неявно, что для описания отдельной частицы – несомненно и для выявления ее квантовых свойств – требуется знание поведения частиц всего мира, по сути, необходимо использовать в определенном смысле принцип Маха. Таких воззрений на возможную статичность проявлений этого принципа придерживался Вейль. Циммерман в [8] писал о том, что, согласно воззрениям многих авторов, положения квантовой механики требуют, чтобы «вселенная» учитывалась в каждой задаче. В [9] Эддингтон говорил о том, что атом может рассматриваться без физической вселенной, в которой он находится, не более, чем может рассматриваться гора без планеты, на которой она стоит.

Предлагаемую глобальность в реляционном статистическом подходе можно сопоставить с обобщенным принципом Маха о связи микро- и макромира. Здесь существенно то, что и пространственные, и затем временные координаты определяются конструктивно через соответствие показаний модельных статистических приборов – линеек и часов, которые связаны со всей подвижной структурой мира, представленной в атомистической дискретности. В согласии с такой глобальностью описания фундаментальные константы, включая постоянную Планка, оказываются связанными между собой. Макроскопическое статистическое пространство-время в нашем варианте подразумевает его проявление на разных масштабах – от атомарного до космологического. В принципе Маха соотносятся квантовые и гравитационные явления. Следствия развиваемой статистической теории позволяют получить соотношения, аналогичные известным космологическим совпадениям. В [10] отмечается получение таких соотношений, содержащих число Эддингтона, между указанными масштабами.

Геометрическая схема реляционного статистического пространства

Существенным представляется, что в нашей реляционной статистической концепции пространство и время являются не отвлеченными априорно заданными понятиями, но величинами, которые в принципе могут быть измерены с помощью неких обобщенных приборов, в выражениях присутствуют новые множественные параметры. Реляционность и статистичность пространства наших представлений можно соотнести и с реляционностью пространства в построениях Ю.С. Владимирова и А.Б. Молчанова, см. [11]. Присутствует более элементарная основа, через которую выражаются пространственные переменные, для нас таковой является конфигурация масс системы.

Структура макроскопического пространства-времени основывается на теории графов. Для микроскопических масштабов индетерминизм реализуется благодаря специальной неевклидовой геометрии (в динамическом виде индетерминизм становится до конца ясным после введения затем реляционной статистической модели времени). Сам способ измерений, заложенный в модели макроприборов, на малых масштабах проявляет статистичность подхода. Но такая система графов (нерегулярная) может быть «опознана» на фоне регулярной эталонной системы, соответствующей измерительной среде идеальной линейки. Дискретная геометрия, которая в пределе на макромасштабах должна переходить в евклидову геометрию, подводит нас к 4-й проблеме Гильберта, а именно к «Проблеме о прямой как о кратчайшем соединении двух точек» (см. [12]). Гильберт говорит здесь о предложении, принимаемом некоторыми авторами даже за определение прямой линии, согласно которому прямая линия есть кратчайшее соединение двух точек. Содержание этого высказывания, по существу, сводится к предложению Евклида о том, что сумма двух сторон треугольника всегда больше третьей стороны. В 4-й проблеме обсуждается возможность геометрий с минимальным количеством отличных от евклидовых аксиом.

В используемой нами модели графов прямая и понимается как кратчайший маршрут между двумя вершинами, так что аксиоматика получается естественным образом. Причем отличие от евклидовой аксиоматики главным образом заключается в том, что через две точки (две вершины графа) можно провести неединственную прямую, то есть кратчайшую линию. В простых реализациях допустим вариант, где сумма двух сторон треугольника равна третьей стороне. Граф как эталонную систему следует рассматривать максимально изотропной и однородной со взаимно симметричным расположением вершин. Ребрами здесь можно считать пары соседствующих вершин. Соседство (инцидентность) определяется из некоторых дополнительных определений. Важнейший вопрос, как структура графа соотносится со структурой прибора для пространственного измерения. Главное утверждение состоит в том, что процедура измерения расстояния связана с сопоставлением некоторых физических объектов с другими объектами, которые входят в эталонную структуру.

В геометрии традиционно выделяют пять групп аксиом, в реляционном подходе они выполняются (часть этих положений выводятся в рамках нашей модели) за исключением некоторых. Если не обсуждать аксиому параллельности, то нарушения касаются аксиом первой (I) группы. Это аксиомы связи (8 аксиом): все аксиомы действительны за исключением I_2. «Существует только одна прямая, пересекающая две точки», а также I_5 относительно единственности плоскости, пересекающей три точки.

Для иллюстрации рассмотрим простой граф, позволяющий продемонстрировать построение «измерительной среды» для нахождения расстояния. Зададим на графе структуру прямых линий и возможный переход к макроскопической (евклидовой) геометрии. Положим, что есть набор отрезков AB, соответствующих прямым линиям, проходящих через точки (вершины) A и B. Все эти отрезки имеют длину r_{AB}. Общее число таких отрезков равно N_{AB}. Назовем «сечением» этих отрезков AB на расстоянии

$$1 \le r \le r_{AB}$$

набор вершин, расположенных на одинаковом расстоянии r от A. Число отрезков, пересекающих каждое сечение, постоянно и равняется N_{AB}. Отметим узлы (вершины), расположенные на расстоянии r от A. Пусть N_C – число отрезков, пересекающих вершину C, расположенную в выбранном сечении. Мы можем полагать величину $p_C = N_C/N_{AB}$ вероятностью того, что данный отрезок пересечет сечение в точке C. Рассмотрим вершину E, для которой p_E минимальна. Рассмотрим прямую в данном сечении, пересекающую точку E. Пусть расстояние в этом сечении между точкой E и произвольной точкой C равно x. Мы можем приписать вероятность p_C этой координате x и получить математическое ожидание и дисперсию. Дисперсия этого случайного распределения (если она существует) могла бы характеризовать толщину трубки, образованной отрезками AB. Пусть D – максимум дисперсий распределений для всех прямых, пересекающих точку E.

Единственный отрезок евклидовой геометрии может быть получен, если отношение этой величины к расстоянию между A и B стремится к нулю для макроскопических длин. Точнее, основное определение таково: предельный переход евклидовой геометрии справедлив, если

$$\sqrt{D_{\max}}\,/\,r_{AB} \to 0 \ (r_{AB} \to \infty)\,,$$

где $D_{\max}$ – максимум дисперсии D по сечениям для всех r.

Пример статистического исчисления графа с простыми свойствами инцидентности подробно описан в [13].

Реляционное статистическое время и квантовые эффекты

Пространство и время в рассматриваемой концепции связаны, причем построение пространства «предшествует» построению времени. О реляционности времени говорили различные авторы. Например, Ли Смолин пишет в [7. С. 255–256]: «Один из способов определить, где вы, – отметить уникальность видимого из этой точки… Рассматривая ночное небо, мы видим Вселенную с определенного места в определенный момент. Вид этот включает все фотоны, источники которых находятся на различном расстоянии от нас. Если физика реляционная наука, эти фотоны определяют внутреннюю реальность данного события – взгляда на ночное небо в конкретном месте в конкретное время».

Эти слова (автор не дает никакой математической формализации) соответствуют нашим представлениям о моменте времени. Полагаем, что имеется гипотетический идеальный (глобальный) фотоаппарат, с помощью которого можно фиксировать пространственные положения всех элементов мира. Набор радиусов-векторов всех элементов (атомов), полученных по фотографии, сделанной из выбранной точки, задает момент реляционного времени. Пара фотографий определяет приращения, более того, для реальной малой «выдержки» и на одной фотографии видны малые следы траекторий частиц, что фактически задает интервалы смещения всех координат. Интервал реляционного статистического времени вводится как некое среднее от пространственных перемещений всех частиц системы. Основное уравнение связи пространства и времени в реляционной статистической концепции записывается так:

$$d\tau^2 = \frac{a^2}{N}\sum_{i=1}^{N}(dr_i - \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}dr_j)^2 .$$

Здесь приращение реляционного времени d выражается статистически через смещения всех видимых в глобальной картине-фотографии элементов мира dr_i, постоянная $a = 1/c$, где c – скорость света в вакууме.

Ограничение снизу для величин расстояний и их приращений дает величина r_e, соответствующая одному элементу (атому) измерительной линейки, Эта величина в реляционной модели может быть взятой пропорциональной массе элемента m_e: здесь, согласно реляционной концепции, устанавливается связь $r_e = bm_e$, где b выражается через фундаментальные постоянные. При ограниченности снизу всех пространственных приращений и приращение времени будет снизу ограниченным. Для приращения физической координаты имеем

$$\Delta x \geq r_e = bm_e .$$

С учетом этих ограничений получаем

$$\Delta\tau = a\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(\Delta r_i - \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N}\Delta r_j)^2} \geq ad_\tau r_e ,$$

где множитель $d_\tau \sim 1$ (мы используем естественное предположение о случайном распределении векторов Δr_j, не равных среднему значению $\frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} dr_j$).

Блуждание свободной частицы, которое рассматривается в некоторых вероятностных моделях для описания квантовой механики, приобретает свою интерпретацию в рамках реляционного статистического подхода. Процедура определения расстояния с помощью предложенного идеального прибора теряет однозначность. Попытка приложить выделенную эталонную среду для нахождения траектории свободной частицы фактически отвечает блужданию. Соотношение неопределенностей (в релятивистском случае) выводится, если оценить минимум произведения приращений координаты и скорости. Скорость частицы не может быть вычислена с помощью обычного предела, когда приращения координаты и времени стремятся к нулю, а именно

$$u_x = \lim_{\Delta\tau\to\tau_e(\Delta x\to r_e)} \frac{\Delta x}{\Delta\tau} .$$

Так, Du_x оказывается порядка самой скорости u_x, поскольку для оценки относительной погрешности скорости имеем

$$\frac{\Delta u_x}{u_x} \sim \frac{\Delta(\Delta x)}{\Delta x} + \frac{\Delta(\Delta\tau)}{\Delta\tau} \sim 1 .$$

Значит, $Du_x \sim re/te \sim 1/a = c$, причем скорость света c – среднеквадратичная величина скорости, что следует из основного уравнения для времени (это не противоречит положениям СТО, поскольку фотографирование всех элементов мира производится из одной точки).

Для свободной частицы $\Delta p_x \Delta x = m_e \Delta u_x \Delta x \sim m_e r_e / a = m_e r_e c$. Если предположить равенство этой величины и постоянной Планка, то найдем $m_e r_e c = \hbar$ или $r_e = \hbar/(m_e c)$. Это аналог комптоновской длины, и если предположить, что m_e – масса нуклона, тогда r_e равен диаметру нуклона. Так получается аналог соотношения неопределенностей.

Вывод уравнения Шрёдингера

Ли Смолин писал в [7. С. 197] о том, что он был убежден, как и Эйнштейн, в существовании в основе квантовой теории иной, более глубокой теории и много лет разрабатывал подход, связанный с теорией скрытых параметров, который предложил принстонский математик Эдвард Нельсон. Стохастическая механика, восходящая к статье Нельсона [14] (хотя были и предшествующие работы, см. [15]), получила в последнее время определенное развитие [16]. Но без внесения нового физического смысла она остается только математической разработкой, хотя получение такого аппарата представляется важным. Теперь с введением упомянутых «открытых» параметров этому придается новый смысл.

На микроскопических масштабах понятие траектории частицы теряет смысл из-за неединственности прямых линий и исключения дифференцируемых кривых. Для свободного движения частицы вместо стандартного уравнения

$$u_x' = 0$$

в нашей реляционной статистической концепции получается уравнение с конечными разностями:

$$\lim_{\Delta\tau \to \tau_e} \frac{u_x(\tau + \Delta\tau) - u_x(\tau)}{\Delta\tau} = u'_{mx} + \frac{1}{2} u''_{mx} \tau_e = 0 .$$

Здесь мы формально предположили, что существуют соответствующие производные u'_{mx}, u''_{mx} (для недифференцируемых величин такие производные следует рассматривать как некоторые средние). Реляционная статистическая концепция приводит к классическим уравнениям механики, на микромасштабах в описании появляются дополнительные члены, связанные с постоянной Планка. Можно различными путями модифицировать уравнение Гамильтона – Якоби. Один из подходов был разработан Нельсоном в его вероятной трактовке квантовой механики. Уравнение Шрёдингера может интерпретироваться как уравнение диффузии с мнимым временем

$$\frac{\partial \Psi}{\partial (it)} = \frac{\hbar}{2m} \Delta \Psi .$$

Такая аналогия позволила ряду исследователей связать случайные процессы движения частицы со случайным блужданием, присущим, например, броуновскому движению и выводить соответствующие уравнения типа Фоккера – Планка. В формализме Нельсона Ad hoc предполагается, что имеется своеобразное блуждание частицы с коэффициентом диффузии, который фигурирует в уравнении Шрёдингера, а именно в пустом пространстве частица массы m подвержена броуновскому движению с коэффициентом диффузии $\nu = \hbar/2m$.В нашем подходе такой коэффициент получается из аналога соотношения неопределенностей. Выражение для коэффициента диффузии можно вывести следующим образом, смещение частицы теперь записывается так:

$$\Delta x(\tau) = u_{mx}(\tau)\Delta\tau + \Delta w(\tau),$$

где

$$\Delta w(\tau) = (1/2)u'_{mx}(\Delta\tau)^2 \sim (1/2)r_e \sim$$

$$\sim \hbar/(2m_e c).$$

Причем так как коэффициент диффузии $\nu \sim r_e c$, то получаем, что $\nu = \hbar/2m_e$. Траектория по самому способу измерения соотносится с теми или иными элементами, относящимися к дискретной измерительной среде масштабной линейки. Возникает свобода выбора, что задает вероятностное описание. Тем самым масштаб случайных блужданий и коэффициент диффузии выражается через лимитирующий размер. Заметим, что измерение по макроприборам в нашем подходе соответствует классическому случаю.

В формализме Нельсона проделывается путь от вероятностной схемы к паре уравнений, соответствующих действительной и мнимой части уравнения Шрёдингера. Движение частицы описывается кинематически, как в теории Эйнштейна – Смолуховского, марковским процессом с указанным коэффициентом диффузии. Динамика задается законом Ньютона, как в теории Орнштейна – Уленбека. Подробности такого вывода, воспроизводящего, по сути, подход Нельсона, представлены в нашей работе [17].

Возможность общего описания на различных масштабах

Получаемая единая неевклидова геометрия на микро- и макромасштабах может задаваться с помощью обобщенного метрического тензора, который строится конструктивно с учетом сопоставления реального дискретного распределения частиц и равномерного распределения таких же элементов, но в измерительной дискретной среде. При этом в обобщенной записи для интервала реляционного времени присутствуют пространственные интервалы с соответствующими весами (см. [18; 19]). В построениях для предложенного графа на микромасштабах видно проявление квантовых эффектов, но при использовании той же геометрической схемы на макромасштабах возможно описать искривленное пространство-время, соответствующее римановой геометрии ОТО. Такая неевклидова геометрия на макромасштабах определяется наличием тела, вносящего массовую пространственную неоднородность, которая опознается в сравнении с однородным распределением масс в эталонной среде. Так же как в микроскопическом случае, здесь проводится исчисление вершин графов на маршрутах. Это соответствует римановой геометрии и определяет гравитационные явления. В частности, эффект линзирования отвечает неединственности отрезков прямых, «огибающих» массивное тело. Между двумя точками проводятся маршруты минимальной длины, исчисляемые количеством вершин (частиц) графа. В эталонной измерительной среде на макромасштабах геометрия евклидова и отрезок прямой единственный. Но для сопоставляемого ей графа, связанного с реальным распределением частиц, маршрут, проходящий через скопление частиц массивного тела, будет длиннее. Поэтому выбирается маршрут минимальной длины, проходящий вне скопления частиц, такая дискретная среда со «сгущением» отличается от эталонной среды, что и определяет искривленность пространства, и ведет к получению более общей теории по сравнению с традиционной. Причем данные математические связи позволяют учесть единым образом проявление и квантовых, и гравитационных явлений.

Заключение

В реляционной статистической концепции реализуется обобщенный принцип Маха. Пространство и время строятся с учетом глобальных характеристик распределения частиц в мире, что задает «открытые» параметры. В более общей (по сравнению с традиционной) физической теории по принципу соответствия выводятся известные соотношения. Неоднозначность понятия расстояния на дискретной системе пространства ведет к индетерминизму и квантовым эффектам на микромасштабах. Гравитационные эффекты описываются в данной геометрии при учете неоднородности распределения частиц по сравнению с эталонной средой. В общем случае поэтому возможен учет взаимоотношения двух эффектов, что учитывается в единой статистической сумме.

Литература

1. *Де Бройль Л.* Введение в волновую механику. М.: ЛИБРОКОМ, 2010.
2. *Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.* Квантовая механика. Нерелятивистская теория. М.: Наука, 1974.
3. *Chew G. F.* The dubious role of the space-time continuum in microscopic physics // Science Progress. 1963. Vol. LI, no. 204. P. 529–539.
4. *Владимиров Ю. С.* Квантовая теория гравитации // Эйнштейновский сборник. 1972. М.: Наука, 1974. С. 280–340.
5. *Владимиров Ю. С.* Реляционная картина мира. Кн. 3: От состояний элементарных частиц к структурам таблицы Менделеева. М.: ЛЕНАНД, 2023.
6. *Smolin Lee.* Could quantum mechanics be an approximation to another theory? 2006. arXiv:quant-ph/0609109v1.
7. *Смолин Ли.* Возвращение времени. М.: АСТ, 2014. С. 192–193.

8. Zimmermann E. J. The macroscopic nature of space-time // American journal of physics. 1962. Vol. 30, Issue 2. P. 97–105.
9. *Eddington A. S.* Fundamental theory. NewYork: Cambridge University Press, 1946.
10. *Аристов В. В.* Реляционное пространство и время: метафизические основания и перспективы экспериментальной проверки // Метафизика. 2023. № 2 (48). С. 31–45.
11. *Молчанов Ю. Б.* Космологический масштабный фактор в реляционном подходе // Метафизика. 2023. № 2 (48). С. 38–47.
12. Проблемы Гильберта. М.: Наука, 1969.
13. *Aristov V. V.* On the relational statistical space-time concept // The Nature of Time: Geometry, Physics and Perception. R. Bucchery et al. (eds.). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003. P. 221–229.
14. *Nelson E.* Derivation of the Schrödinger equation from Newtonian mechanics // Phys. Rev. 1966. Vol. 150. P. 1079–1092.
15. *Fenyes I.* A deduction of Schrödinger equation // Acta Bolyaiana. 1946. 1 (5): ch. 2.
16. *Lindgren J., Liukkonen J.* Quantum Mechanics can be understood through stochastic optimization on spacetimes // Scientific Reports. 2019. 9 (1): 19984.
17. *Аристов В. В.* Реляционное пространство-время, связь с квантовой механикой и перспективы развития модели // Основания физики и геометрии. М.: РУДН, 2008. С. 119–133.
18. *Аристов В. В.* Реляционное статистическое пространство-время и построение единой физической теории // Пространство, время и фундаментальные взаимодействия. 2018. № 4 (25). С. 4–20.
19. *Aristov V. V.* Constructing relational statistical spacetime in the theory of gravitation and in quantum mechanics // Proceedings of the Fourteenth Marcel Grossmann meeting on Recent Developments in Theoretical and Experimental General Relativity, Astrophysics and Relativistic Field Theory / ed. by M. Bianchi., R.T. Jantzen and R. Ruffini. Singapore: World Scientific, 2018. P. 2671–2676.

MACH'S PRINCIPLE AND QUANTUM MECHANICS IN THE RELATIONAL APPROACH

V.V. Aristov

Federal Research Center "Computer Science and Control"
of the Russian Academy of Sciences
44 Vavilova St, bldg 2, Moscow, 119333, Russian Federation

Abstract. The past century after the creation of quantum mechanics forces us to turn to the fundamentals of physical theory at a different level. In the relational approach, statistical spacetime is constructed, which correlates with the probabilistic notions of quantum mechanics. Mach's principle in its generalized formulation also turns out to be important. The present paper shows how, by moving to a graph formalism for expressing spatial dimensions, coupled with the statistical dimension of time, quantum relationships are derived. Combined with a description of gravitational effects, a general physical apparatus can be created. The global nature of Mach's principle allows us to connect the micro- and macroscales of description.

Keywords: relational statistical spacetime, Mach's principle, quantum mechanics, unified physical description